

**ANALISIS PONDASI TIANG BOR MENGGUNAKAN METODE  
PROBABILITAS**

**Naskah Publikasi**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**DEWI PUSPITASARI  
NIM : D100 100 032**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PONDASI TIANG BOR MENGGUNAKAN METODE PROBABILITAS

#### Naskah Publikasi


diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal 22 April 2015

oleh :

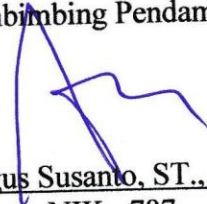
**DEWI PUSPITASARI**  
**NIM : D100 100 032**

Susunan Dewan Penguji

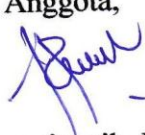
Pembimbing Utama

  
Anto Budi Listyawan, ST., Msc  
NIK : 913

Pembimbing Pendamping

  
Agus Susanto, ST., MT  
NIK : 787

Anggota,

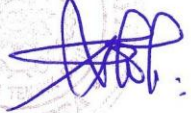
  
Ir. Renaningsih, MT.  
NIK: 733

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 teknik Sipil  
Surakarta, ..... 22 April 2015

Dekan Fakultas Teknik

  
Ir. Sri Sunarjono, MT. PhD.  
NIK : 682

Ketua Progdi Teknik Sipil

  
Dr. Mochamad Solikin.  
NIK : 792

# ANALISIS PONDASI TIANG BOR MENGGUNAKAN METODE PROBABILITAS

**Dewi Puspitasari**

Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani

Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta

e-mail : [dpuspita388@gmail.com](mailto:dpuspita388@gmail.com)

## ABSTRAKSI

Tugas ini dimaksudkan untuk menganalisis pondasi tiang bor dengan menggunakan prinsip probabilitas. Hasil data *SPT-Test* pada pembangunan hotel Quest Solo digunakan dalam analisis model probabilitas yang selanjutnya dipakai untuk analisis pondasi tiang bor. Kedalaman Pondasi tiang bor 12 m , diameter tiang yang digunakan 0,6 m, beban total ( $P$ ) = 43.354,455 kN. Analisis pondasi tiang bor menggunakan dua metode, dengan menggunakan model deterministik (manual) dan menggunakan model probabilitas. Data *SPT-Test* dianalisis dengan metode statistik, untuk menentukan distribusi frekuensinya dan memastikan parameter-parameter statistik antara lain: *Mean*, Standart deviasi, koefisien variasi. Nilai  $c_u$  sebagai variabel pada perhitungan pondasi tiang bor dan menghasilkan nilai Chi-kuadrat ( $\chi^2$ ) berupa empat jenis distribusi, distribusi normal, gamma, beta, dan log normal. Pengujian kesesuaian distribusi frekuensi menggunakan metode Chi-Kuadrat. Data-data statistik diolah dengan *Software MATLAB*. Data statistik dari *MATLAB* digunakan untuk merancang dan menganalisis pondasi tiang dengan metode probabilitas menggunakan *Software Crystall Ball 7.0*. Hasil yang diperoleh dari analisis adalah sebagai berikut : Dari hasil analisis program *MATLAB 7.0* dapat dilihat bahwa hasil untuk nilai  $\chi^2$  pada titik DB-1,DB-3,DB-5,dan gabungan nilai distribusinya adalah Normal ; Dari hasil analisis program *MATLAB 7.0* dapat dilihat bahwa hasil yang paling fit (*best fit distribution*) pada semua titik dan gabungan semua titik  $< \chi^2(0.05 ; 1) (3,841)$  didapat dari tabel nilai distribusi  $\chi^2$ , artinya data distribusi normal dapat dipakai, Dari hasil analisis program *Crystal Ball*, untuk nilai SF (2,5) dengan tingkat keyakinan 90% - 95% didapat jumlah tiang yang lebih banyak dibandingkan dengan cara deterministik ; Dari hasil analisis program *Crystal Ball* yang dicoba sebanyak 100.000 kali, dapat disimpulkan bahwa hasil yang didapat lebih teliti dibanding dengan cara deterministik.

**Kata kunci:** *SPT-Test, pondasi tiang bor , MATLAB, Crystal Ball*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Surakarta sebagai kota yang berkembang terus menerus berusaha untuk meningkatkan hasil yang maksimal di segala bidang pembangunan, salah satunya adalah di bidang pariwisata. Maka dibutuhkan banyak fasilitas pendukung, seperti Hotel Quest Solo merupakan salah satu wujud perkembangan pembangunan yang terletak di Surakarta

Dalam setiap bangunan diperlukan pondasi sebagai dasar bangunan yang kuat dan kokoh. Pondasi sebagai dasar bangunan harus mampu memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya, untuk diteruskan sampai ke lapisan tanah pada kedalaman tertentu. Bangunan teknik sipil secara umum meliputi dua bagian utama yaitu struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*), dalam hal ini struktur bawah sebagai pondasi yang berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur bagian atas. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah lapisan tanah keras berada di lokasi yang cukup dalam. Lokasi pembangunan yang berada dekat dengan pemukiman, sehingga dipilih tipe pondasi yang pada saat pengerjaannya tidak menimbulkan getaran dan kebisingan yaitu pondasi tiang bor.

Kemudian dalam kondisi lingkungan berdekatan dengan warga, serta keadaan tanah yang berupa lempung jenuh, dan muka air yang dangkal, maka dipakai pondasi tiang bor sebagai penopang beban struktur. Dan metode probabilitas sebagai perhitungannya, dibantu dengan *software* yaitu MATLAB dan *Cyistal Ball*.

### Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan fungsi probabilitas yang mewakili data  $c_u$  hasil konversi dari nilai N-SPT dari lokasi hotel Quest, Surakarta.
2. Menganalisis pondasi tiang bor dengan menggunakan metode statistik hasil MATLAB dengan bantuan *Software Crystal Ball* guna mendapatkan data statistik sebagai bahan analisis pondasi tiang bor.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pondasi

Pondasi tiang terdiri dari podasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Pengaruh pemasangan pondasi tiang pancang dalam tanah kohesif (lempung dan lanau) sangat berbeda dengan apa yang terjadi pada tanah pasir. Pemasangan tiang di dalam tanah kohesif, biasanya akan mengakibatkan kenaikan permukaan tanah di sekitar tiang, yang diikuti oleh konsolidasi tanah. Deformasi akibat pemancangan dapat mempengaruhi struktur di dekatnya dan dapat mengakibatkan tiang yang dipancang lebih dahulu terangkat ke atas akibat pemancangan tiang sesudahnya. Dalam kondisi ini, pemancangan ulang dibutuhkan dan mungkin dapat dipertimbangkan untuk menggantinya dengan tiang bor.

### Pengertian Pondasi Bor

Pondasi tiang bor (*bored pile*) adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya. *Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

### Pengujian Penetrasi Bikonus Belanda

Konversi nilai  $q_c$  yang didapat dari pengujian penetrasi bikonus Belanda ke nilai  $c_u$  diusulkan oleh Begemann persamaan sebagai berikut:

Untuk tanah lempung (Begemann, 1974),

$$c_u = \frac{qc - po'}{N \cdot \gamma'}$$

Tahanan konus  $q_c$  diambil pada kedalaman 0 sampai batas dari dasar pondasi . Hubungan antara nilai N pengujian SPT dan tahanan konus (Mayerhof, 1956)

$$q_c = 4N$$

Dengan N adalah nilai SPT

## LANDASAN TEORI

### SPT (*Standard Penetration Test*)

*Standard Penetration Test* adalah Suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 30 cm (1ft) vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg (140 lb) yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 76 cm (30 in). Pelaksanaan pengujian dibagi dalam dua tahap, yaitu berturut-turut setebal 15 cm (6 in) dan 30 cm. Tahap pertama penetrasi 15 cm dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua 30 cm untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT. Uji SPT dilakukan pada setiap 2 meter pengeboran dan dihentikan pada saat uji SPT N di atas 50 N berturut-turut sebanyak 3 kali.

### Pengukuran dan Tampilan Data

Data yang sangat kompleks dapat dibuat dalam bentuk distribusi frekuensi dan dalam bentuk *histogram* atau sering disebut *bar chart* (diagram batang) menjadi langkah yang biasa diterapkan (Hogg dan Ledolter, 1987). Langkah pertama dalam pembuatan distribusi frekuensi adalah dengan menyusun data dari nilai yang terkecil,  $x_{\min}$ , menuju nilai yang tertinggi  $x_{\max}$ , kemudian data dibagi menjadi beberapa interval kelas dengan jarak interval yang sama. Pemilihan jumlah kelas interval untuk jumlah data yang besar dapat menggunakan persamaan Sturges, yaitu :

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

Salah satu parameter yang sering digunakan dalam analisis adalah *mean*. *Mean* secara sederhana adalah nilai rata-rata dari data. Sebagai contoh, data sampel yang telah didapat adalah  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Maka nilai *mean* ( $\bar{\mu}$ ) adalah :

$$\bar{x} = \bar{\mu} = \sum_{i=1}^n \frac{x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

### Distribusi Probabilitas

Probabilitas dalam statistik adalah Memperkirakan terjadinya peluang yang dihubungkan dengan terjadinya peristiwa tersebut dalam keadaan.

#### 1. Distribusi Normal

Distribusi kontinyu yang paling penting dan yang paling banyak digunakan di lapangan adalah distribusi normal. Distribusi normal dapat dijadikan gambaran banyak fenomena dalam dan penelitian. Distribusi normal sering disebut juga dengan distribusi Gauss yang mempunyai persamaan fungsi  $X$ .

#### 2. Distribusi Gamma

Distribusi Gamma mendapat namanya dari fungsi Gamma yang sudah dikenal luas, dan dipelajari dalam banyak bidang matematika. Fungsi kepadatan probabilitas untuk distribusi gamma

#### 3. Distribusi Betta

Persamaan fungsi kepadatan probabilitas untuk distribusi beta

#### 4. Distribusi log-normal

Distribusi log-normal dipakai dalam banyak aplikasi di lapangan. Distribusi ini digunakan ketika transformasi logaritma natural ( $\ln$ ) menghasilkan distribusi normal (Limpert et al.2001). Distribusi log-normal memiliki fungsi kepadatan probabilitas.

### Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat berguna untuk menguji hubungan atau pengaruh dua buah variabel nominal dan mengukur kuatnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel nominal lainnya ( $C = \text{Coefisien of contingency}$ ). Adapun kegunaan lain dari uji Chi Kuadrat antara lain, menaksir simpangan baku, menguji homogenitas, menguji proporsi untuk data multinom, menguji kesesuaian antara data hasil pengamatan dengan model distribusi dari data yang diambil dan menguji model distribusi normal berdasarkan data hasil pengamatan.

## Analisis Kapasitas Pondasi Tiang Bor

Data SPT analisis dengan menggunakan hitungan manual dan data yang diperlukan data tahanan konus ( $q_c$ ) yang dikonversikan ke ( $c_u$ ) . Selanjutnya dilakukan perhitungan manual untuk mencari nilai keamanan dengan menggunakan rumus :

$$SF = Q_{u,n}/P$$

$$Q_u = \mu A_b N_c c_b + 0,45 c_u A_s$$

## METODE PENELITIAN

### Umum

Pada penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah analisis data SPT-Test dengan mengakomodasikan segala variasi yang ada kemudian menampilkan seluruh data tersebut kedalam bentuk distribusi frekuensi.

### Data Penelitian

Data penelitian yang dibutuhkan adalah data SPT tanah lempung jenuh yang diambil dari lokasi pembangunan Hotel Quest, Surakarta.

### Alat Bantu Penelitian

1. Program *MATLAB*
2. Program *Crystal Ball*
3. Program Gambar (*AutoCad 2007*)
4. Program *Microsoft Office*

### Tahapan Penelitian

- Tahap I : Studi litelatur
- Tahap II : a. Pengambilan data SPT  
b. konversi N-SPT ke  $q_c$  (CPT)  
c. konversi  $q_c$  ke  $c_u$
- Tahap III : Analisis statik terdiri dari :
- a. Fungsi kepadatan probabilitas
    - 1) Distribusi Normal
    - 2) Distribusi gamma
    - 3) Distribusi beta
    - 4) Distribusi log-normal
  - b. Parameter statistik
    - 1) *Mean*
    - 2) Standart deviasi
    - 3) Koefisien variasi
- Tahap IV : Uji *Chi-kuadrat*
- Tahap V : Analisis stabilitas pondasi terdiri dari 2 :
- a. Perhitungan manual

- b. Analisis dengan metode probabilitas (program *Crystal Ball*)

Tahap VI : Pembahasan

Tahap VII : Kesimpulan

Tahap VIII : Selesai

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Data SPT Hotel Quest

Dalam rangka perencanaan dan pembangunan Hotel Quest telah dilaksanakan pekerjaan penyelidikan tanah berupa uji SPT di 3 titik , dengan beban rencana 43.354,455 kN.

### Analisis Kapasitas Pondasi Tiang Bor Manual

Direncanakan pondasi tiang bor dari 3 titik pada perencanaan Hotel Quest dengan data sebagai berikut:

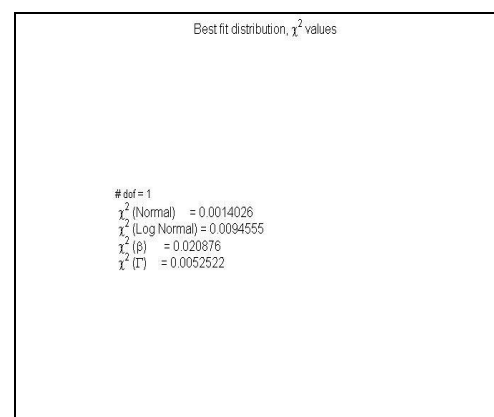
Kedalaman pondasi tiang bor = 12 m

Diameter = 60 cm

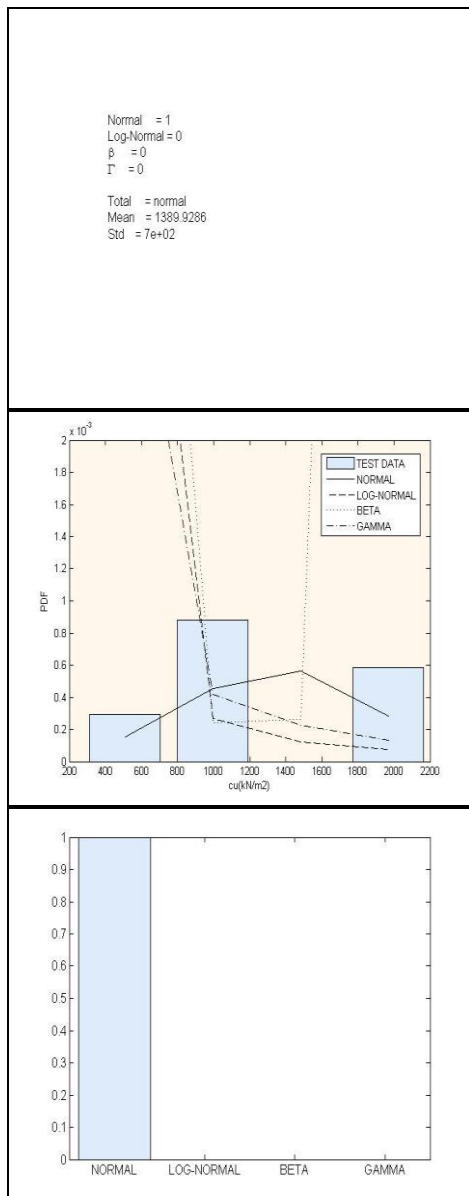
Tabel V.1. Hasil hitungan pondasi tiang bor manual.

	DB-1	DB-3	DB-5	Gab
$Q_u$ (kN)	18038	18780	15170	17329
$n_t$	7	6	8	7
SF	2,9	2.6	2.8	2.8

### Analisis Statistik







Gambar V.2 . Hasil uji statistik program  
MATLAB 7.0 titik DB-1

Tabel V.2. Hasil uji statistik untuk nilai  $\chi^2$  best fit distribution ( $c_u$ ) MATLAB

$\chi^2$	DB-1	DB-3	DB-5	Gab
Normal	0.00140	0.00278	0.00374	0.00264
Log Normal	0.00946	0.01247	0.00633	0.00942
Beta	0.02088	0.01478	0.01513	0.01693
Gamma	0.00525	0.00672	0.00534	0.00577

Pada tabel di atas diperoleh nilai  $\chi^2$  best fit distribution , nilai  $\chi^2$  best fit distribution adalah nilai yang mewakili atau fit yang

diambil yang paling kecil dari ke empat distribusi tersebut. Pada DB-1 nilai yang fit adalah Normal (0,00140) , pada DB-3 adalah Normal (0,00278) , pada DB-5 adalah Normal (0,00374)

Tabel V.3. Hasil perhitungan  $\chi^2$  best fit distribution pada setiap titik dan gabungan.

Titik	$\alpha$	k	d.b (v)	$\chi^2$	Nilai $\chi^2$	kesimp
				( $\alpha$ ; d.b)	distribusi normal	
DB-1	0.1	4	1	2.706	0.00140	Normal
DB-3	0.1	4	1	2.706	0.00278	Normal
DB-5	0.1	4	1	2.706	0.00374	Normal
Gab	0.1	4	1	2.706	0.00264	Normal

Hasil dari pengujian *Chi-Kuadrat* ( $\chi^2$ ) untuk komponen kohesi ( $c_u$ ), didapatkan baik itu setiap titik maupun gabungan setiap titik menghasilkan nilai normal semua , maka setiap titik dan gabungan setiap titik dapat didistribusikan secara normal.

## Parameter – Parameter Statistik

### 1. Mean (Nilai Rata- Rata)

Salah satu angka-angka ringkasan adalah nilai rata-rata. Jika ada sekelompok angka-angka maka untuk menyebutkan satu angka sebagai wakil dari angka tersebut sering dipakai nilai rata-rata, disamping itu juga dipakai median, modus, rata-rata dan harmonis yang semuanya itu tergantung dari arah tujuan pemakainya.

Tabel V.4. Hasil perhitungan nilai mean untuk setiap titik dan gabungan semua titik.

No	Parameter	mean( $\bar{\mu}$ ) kN/m <sup>2</sup>
1	DB-1	1389.93
2	DB-3	1427.54
3	DB-5	1180.61
4	Gabungan	1332.7

### 2. Standart deviasi

Secara matematik standart deviasi dibatasi sebagai “akar-akar jumlah deviasi kuadrat dibagi jumlah individu” dalam distribusi. Dalam perhitungan standart deviasi

menggunakan rumus pembagi n-1, yang mana n-1 digunakan pada sampel lebih dari 30 data dan untuk data yang kurang dari 30, menggunakan pembagi n, karena jumlah data adalah 7.

Tabel V.5. Hasil perhitungan nilai standart deviasi untuk setiap titik dan gabungan semua titik.

No	Parameter	standart deviasi ( $\sigma$ ) kN/m <sup>2</sup>
1	DB-1	690.37
2	DB-3	770.22
3	DB-5	633.71
4	Gabungan	698.102

### 3. Koefisien variasi (V)

Setelah dilakukan perhitungan nilai *mean* dan nilai standart deviasi telah didapatkan maka dihitung koefisien variasi (V) adalah parameter statistik tak berdimensi dengan hasil

Tabel V.6. Hasil perhitungan nilai koefisien variasi untuk setiap titik dan gabungan semua titik.

No	Parameter	Koefisien variasi (V)
1	DB-1	0.497
2	DB-3	0.540
3	DB-5	0.537
4	Gabungan	0.524

Setelah mendapatkan nilai-nilai dari parameter diatas bisa disimpulkan bahwa dari hasil data yang didapat antara lain *mean*, standart deviasi dan hitungan manual atau deterministik yaitu hasil bagi antara standart deviasi dan nilai *mean* didapat nilai koefesien variasi, pada titik 1 (DB-1) diperoleh nilai variasi yang paling rendah, dan titik 2 (DB-3) diperoleh nilai variasi yang paling tinggi.

### Analisis Pondasi Tiang Bor dengan Metode Probabilitas Menggunakan Program *Crystal Ball*

*Crystal Ball* terdapat kemampuan menghitung visualisasi, permodelan, simulasi, algoritma, probabilitas, serta analisa data .

Data-data yang dimasukkan dalam program *Crystal Ball* dengan rumus sebagai berikut :

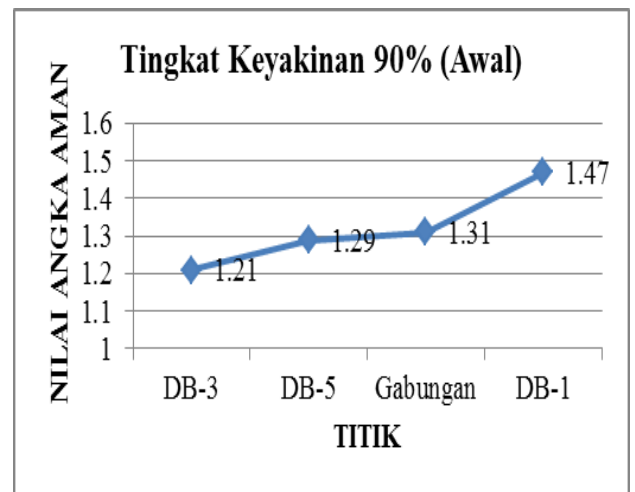
$$Q_u = \mu A_b N_c c_b + 0,45 c_u A_s$$

$$SF = (n_t \times Q_u) / P$$

Pada perhitungan *Crystal Ball* diperoleh grafik yang menunjukkan besarnya angka aman (SF ) dengan jumlah tiang yang dipilih. Target akhir dari analisis *Crystal Ball* dilakukan trial eror sedemikian hingga 90% - 95% nilai  $SF \geq 2,5$  . Hasil – hasil dari program *Crystal Ball* dilakukan dengan percobaan sebanyak 100.000 kali dan didapatkan grafik –grafik angka keamanan.

Tabel V.7. Rekapitulasi hasil data semua titik dan gabungan semua titik.

No	Titik	Jumlah Tiang (n)		SF dari Tingkat keyakinan 90%	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	DB-1	7	13	1.47	2.73
2	DB-3	6	13	1.21	2.62
3	DB-5	8	16	1.29	2.56
4	Gab	7	14	1.31	2.65



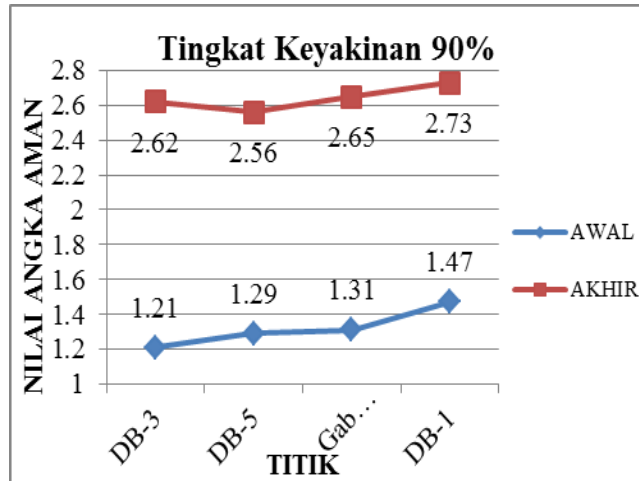
Gambar V.1. Grafik tingkat keyakinan 90% (awal)

Dari gambar V.27 dapat dilihat untuk tingkat keyakinan 90%. Pada titik DB-3 menunjukkan nilai angka keamanan yang paling kecil yaitu 1,21 sedangkan untuk titik



DB-1 menunjukkan nilai angka keamanan yang paling tinggi yaitu 1,47.

Dapat disimpulkan pula bahwa titik SPT yang akan lebih cepat mengalami keruntuhan terlebih dahulu adalah pada titik DB-3 . Dan titik SPT yang mengalami keruntuhan paling akhir adalah titik DB-1.



Gambar V.2 Grafik perbandingan tingkat keyakinan 90% (awal dan akhir)

Dari gambar V.28. dapat dilihat perbedaan antara hasil hitungan jumlah tiang awal dan jumlah tiang akhir. Untuk titik DB-1 jumlah tiang awal mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,26. Titik DB-3 mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,41. Titik DB-5 mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,27 dan gabungan semua titik mengalami kenaikan nilai SF 1,34. Titik DB-3 memiliki tingkat kenaikan nilai SF lebih tinggi dibandingkan titik SPT yang lain, karena koefisien variasinya besar, dengan kata lain tingkat variasi datanya tinggi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- 1) Fungsi Probabilitas yang mewakili data SPT dari lokasi hotel Quest, Surakarta.
  - a) Dari hasil analisis program *MATLAB 7.0* dapat dilihat bahwa hasil untuk nilai  $c_u$  pada titik 1 (DB-1), titik 2 (DB-3), titik 3 (DB-5), dan titik gabungan nilai distribusi yang paling mewakili adalah pada normal.

- b) Dari hasil analisis program *MATLAB 7.0* dapat dilihat bahwa hasil yang paling fit (*best fit distribution*) pada semua titik dan gabungan semua titik  $< \chi^2$  (0.05 ; 1) (3,841) didapat dari tabel nilai distribusi  $\chi^2$ , artinya data distribusi normal dapat dipakai.

- 2) Dari hasil analisis program *Crystal Ball*, untuk nilai SF atau Fos (2,5) dengan tingkat keyakinan 90% - 95% didapat jumlah tiang yang lebih banyak dibandingkan dengan cara deterministik. Untuk titik DB-1 jumlah tiang awal mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,26. Titik DB-3 mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,41. Titik DB-5 mengalami tingkat kenaikan nilai SF sebesar 1,27 dan gabungan semua titik mengalami kenaikan nilai SF 1,34.

### Saran

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan kedalaman yang lebih bervariasi.
- 2) Diperlukan ketelitian saat perhitungan secara manual (deterministik).
- 3) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan data SPT yang lebih banyak.
- 4) Apabila ingin melakukan penelitian yang sama haruslah menggunakan hasil data SPT yang benar-benar langsung dari lapangan

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Buku Ajar Rekayasa Pondasi 2*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Barnes, J. Wesley, 1994, *Statistical Analysis For Engineers and Scientist*, 2<sup>nd</sup> ed, McGraw-Hill Inc, Singapore.
- Beacher, G.B. and Christian, J.T. 2003, *Reability and Statistics in Geotechnical Engineering*, 1<sup>st</sup> ed. John Wiley & Sons Ltd, England.

- Bowles, J.E, 1991, *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J.E, 1997, *Analisis dan Desain Pondasi I*(edisi IV), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M, 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2002, *Mekanika Tanah I* (edisi III), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2003, *Teknik Fondasi II* (edisi II), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hogg,V. And Ledolter, J. 1987, *Applied Statistics for Engineers and Physical Scientists*, 2<sup>nd</sup> ed. New York.
- Listyawan, A.B. (2006). *Statistical Characterisation of Spatial Variability of Jamuna River Sand*. Msc. Dissertation, University of Manchester, UK.
- Sianipar, R.H, 2003, *Pemograman MATLAB Dalam Contoh dan Penerapan*, Informatika, Bandung.
- Sosrodarsono, dan Nakazawa, 1990, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Spiegel, 1972, *Statistik Versi SI (Metrik)*, Erlangga, Jakarta.